



**Mleczarstwo**

**Technika i technologia**

## Spis treści

1	Pozyskiwanie mleka	1
2	Chemia mleka	17
3	Reologia	43
4	Mikrobiologia	53
5	Odbiór mleka	73
6	Podstawowe urządzenia w przetwórstwie mleczarskim	81
6.1	Wymienniki ciepła	83
6.2	Wirówki i normalizacja mleka	99
6.3	Homogenizatory	123
6.4	Filtry membranowe	131
6.5	Wyparki	141
6.6	Odgazowywacze	149
6.7	Pompy	153
6.8	Rury, zawory i armatura	165
6.9	Zbiorniki	173
6.10	Automatyzacja	177
6.11	Instalacje nośników energii	187
7	Projektowanie linii pasteryzacji mleka	201
8	Pasteryzowane produkty mleczne	213
9	Mleko o wydłużonym okresie trwałości	227
10	Przygotowanie szczepionek i zakwasów	247
11	Fermentowane produkty mleczne	255
12	Masło i tłuszcze do smarowania	277
13	Bezwodny tłuszcz mleczny (AMF) i olej maślany	293
14	Sery	301
15	Przetwórstwo serwatki	345
16	Mleko zagęszczone	367
17	Mleko i serwatka w proszku	375
18	Produkty z mleka regenerowanego	389
19	Lody	399
20	Kazeina	411
21	Mycie urządzeń mleczarskich	419
22	Ścieki mleczarskie	431
	Literatura	441
	Indeks	443

## **Przedmowa do wydania polskiego**

Nadzwyczajny postęp techniczny, jaki w ostatnich latach dokonał się w polskim przemyśle mleczarskim nie byłby możliwy bez wysoko kwalifikowanej kadry – menedżerów zarządzających przedsiębiorstwami, inżynierów oraz techników zatrudnionych w produkcji na wszystkich szczeblach decyzyjnych. Dalszy rozwój polskiego rynku mleczarskiego wymaga jednak stałego śledzenia literatury fachowej zawierającej informacje na temat nowych technik i technologii produkcyjnych, umożliwiających wprowadzanie na rynek innowacyjnych wyrobów. Niniejsze opracowanie może służyć jako poradnik dla specjalistów z zakresu techniki i technologii mleczarstwa, a także jako podręcznik dla osób po raz pierwszy stykających się z problematyką przetwórstwa mleka.

Książka ta stanowi kompleksowe ujęcie wszystkich aspektów związanych z pozyskiwaniem i przetwarzaniem mleka. Zaprezentowano w niej technologie produkcji wielu grup produktów mleczarskich. Procesy przetwórcze opisane w poszczególnych rozdziałach obejmują operacje jednostkowe, niezbędne do tego maszyny i urządzenia oraz informacje na temat automatyzacji procesów. Ponadto opracowanie pozwoli czytelnikowi zapoznać się z podstawowym wyposażeniem energetycznym zakładu mleczarskiego i zagadnieniami dotyczącymi ochrony środowiska naturalnego.

Informacje na temat operacji jednostkowych, niezbędne do zrozumienia zjawisk i przebiegu poszczególnych procesów technologicznych, zostały przedstawione w bardzo przystępny sposób i opatrzone licznymi ilustracjami. Rysunki, diagramy, tabele, przekroje maszyn i schematy przepływowe zamieszczone w książce przejrzysto obrazują budowę aparatów i przekonująco objaśniają istotę procesów technologicznych, co może pomóc studentom, inżynierom procesowym, technologom mleczarstwa i wykładowcom. Z kompendium tego korzysta się nie tylko w okresie studiów, lecz także wraca do niego w razie potrzeby rozwiązania konkretnych problemów w zakładzie produkcyjnym, w trakcie poszukiwania inspiracji do opracowywania nowych produktów czy pozyskiwania informacji na temat mniej popularnych technologii wytwarzania. W wielu krajach książka ta jest zalecana jako podstawowy podręcznik z zakresu techniki i technologii mleczarstwa. Jesteśmy przekonani, że również w Polsce wzbudzi zainteresowanie pracowników i kadr inżynieryjno-technicznych przemysłu mleczarskiego oraz będzie przewodnikiem dla studentów, przyczyniając się do dalszego rozwoju inżynierii oraz technologii mleczarstwa.

Prezentowana książka powstała w firmie Tetra Pak w Szwecji pod redakcją Gösty Bylunda, M. Sc. Dairy Technology i dotychczas ukazała się w formie drukowanej i elektronicznej w języku angielskim oraz niemieckim. Obecnie ma szansę dotrzeć do wszystkich osób w Polsce zainteresowanych problematyką pozyskiwania i przetwarzania mleka. Przetłumaczenie jej na język polski to inicjatywa firmy Tetra Pak sp. z o.o., która dołożyła starań, aby opracowanie było zgodne z oryginałem, a polskie tłumaczenie zachowało poprawną, współczesną, polską terminologię techniczną. Obecna postać przekładu jest wynikiem pracy wielu osób: tłumaczy, pracowników firmy Tetra Pak, redaktorów wydawnictwa oraz niżej podpisanych.

*dr hab. inż. Lidia Zander,  
prof. Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie*

*dr hab. inż. Zygmunt Zander,  
prof. Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie*

*Konsultacja merytoryczna i naukowa przekładu*

## Od wydawcy

Polska edycja książki, którą trzymają Państwo w rękach powstała z inicjatywy firmy Tetra Pak, jednego z największych na świecie dostawców najnowocześniejszych rozwiązań przetwórczych i opakowaniowych dla płynnej żywności, w tym technologii przetwarzania i pakowania mleka oraz jego przetworów. Od ponad dwudziestu lat z dumą wspieramy rozwój branży mleczarskiej w Polsce, z którą wypracowaliśmy bliskie relacje oparte na wzajemnym zaufaniu.

Mamy przyjemność przedstawić Państwu książkę *Mleczarstwo – technika i technologia*. Jest to obszerne kompendium wiedzy na temat pozyskiwania i przetwarzania mleka, zawierające liczne opisy procesów przetwórczych oraz stosowanych w nich technologii i maszyn. Ufamy, że publikacja ta będzie wartościową pomocą i punktem odniesienia dla wszystkich osób zainteresowanych przetwórstwem mleka, w tym specjalistów z branży mleczarskiej – technologów i konstruktorów urządzeń dla przemysłu mleczarskiego, producentów wyrobów mleczarskich, przedstawicieli środowisk naukowych oraz studentów.

Niniejsze tłumaczenie powstało z inicjatywy Evana Klintnera, dyrektora generalnego Tetra Pak w Polsce w latach 2005 – 2009. Projekt ten był następnie kontynuowany przez jego następców na tym stanowisku: Briana McGuinnessa i Erica Schmid.

Pragniemy serdecznie podziękować wszystkim osobom, które przyczyniły się do opracowania publikacji *Mleczarstwo – technika i technologia*. W pracę nad przygotowaniem tej książki zaangażowany był zespół ekspertów Tetra Pak w Polsce\*. Pracownicy firmy dołożyli wielu starań, aby tłumaczenie tekstu na język polski wiernie oddawało zawartość angielskiego oryginału, a jednocześnie było zgodne z polską terminologią.

Szczególne wyrazy wdzięczności chcielibyśmy skierować do dr hab. inż. Lidii Zander oraz dr hab. inż. Zygmunta Zandera, profesorów UWM w Olsztynie za wnikliwą konsultację merytoryczną i naukową.

Z radością obserwujemy stały postęp, który dokonuje się w polskim sektorze mleczarskim. Systematycznie wzrasta różnorodność oferowanych produktów oraz ich jakość. Jesteśmy zatem przekonani, że spożycie mleka oraz jego przetworów będzie w Polsce wzrastać co stworzy dogodne warunki dla dalszych inwestycji w nowoczesne technologie przetwórcze i opakowaniowe. Pozwoli to polskiemu przemysłowi mleczarskiemu rozszerzyć i uatrakcyjnić swoją ofertę asortymentową na rynku wewnętrznym oraz rozwinąć trwałą przewagę konkurencyjną na rynkach krajów trzecich.

Życzymy Państwu interesującej lektury,

Evan Klintner

Brian McGuinness

Eric Schmid

\* Pełna lista członków zespołu zamieszczona jest na stronie 440.

nieszczelności urządzeń lub braku higieny. Ponieważ wiele Gram-ujemnych bakterii zdolnych jest do wzrostu w temperaturach chłodniczych, jakość mleka po procesie HTST w ciągu kilku dni może ulegać pogorszeniu. Dlatego też niezbędna jest rutynowa kontrola laboratoryjna na obecność bakterii Gram-ujemnych.

## Grzyby

Grzyby są mikroorganizmami często występującymi w przyrodzie – wśród roślin, zwierząt i ludzi. Poszczególne gatunki różnią się pod względem budowy i sposobu rozmnażania. Grzyby mogą mieć kształt okrągły, owalny lub nitkowaty. Strzępki mogą tworzyć widoczne gołym okiem grzybnie, np. w postaci porostu pleśni na produktach spożywczych. Do grzybów zalicza się drożdże i pleśnie.

## Drożdże

Drożdże są organizmami jednokomórkowymi o kształcie kulistym, elipsoidalnym lub cylindrycznym. Wielkość komórek jest zróżnicowana. Drożdże browarnicze – *Saccharomyces cerevisiae* – mają średnicę 2–8  $\mu\text{m}$  i długość 3–15  $\mu\text{m}$ , jednakże niektóre komórki określonych gatunków mogą osiągać nawet 100  $\mu\text{m}$ .

Drożdże, podobnie jak pleśnie, mają strukturę wewnętrzną bardziej złożoną niż bakterie. Zawierają cytoplazmę i wyraźne jądro otoczone błoną (rys. 4.19). Komórka otoczona jest ścianą i błoną komórkową przepuszczalną dla składników odżywczych spoza komórki oraz wewnątrznych produktów przemiany materii.

Komórka zawiera wakuole (wodniczki), które służą do przechowywania zapasowych substancji odżywczych oraz produktów metabolizmu – zanim zostaną one wydalone na zewnątrz. Kuleczki tłuszczowe i cząsteczki węglowodanów znajdują się w cytoplazmie. W niej zlokalizowana jest również: drobna sieć błon, zwana siateczką endoplazmatyczną (*retikulum endoplazmatyczne*), mitochondria (w których wytwarzana jest energia niezbędna do wzrostu komórki) oraz rybosomy.

## Rozmnażanie drożdży

Komórki drożdży rozmnażają się głównie bezpłciowo przez pączkowanie (rys. 4.20) – chociaż możliwe są również inne sposoby reprodukcji. Mały pączek rozwija się na ścianie komórki macierzystej. Przez pewien czas komórki macierzyste i potomne korzystają z tej samej cytoplazmy, z czasem nowa komórka izoluje się podwójną ścianą od macierzystej.

Powstała komórka nie zawsze oddziela się od macierzystej i może przylegać do niej, co jednak nie ogranicza jej zdolności do pączkowania. Jednocześnie nowa komórka także posiada zdolność tworzenia pączków, w wyniku czego mogą powstawać duże skupiska komórek przyczepionych do siebie.

Niektóre rodzaje drożdży rozmnażają się w sposób płciowy (rys. 4.21), tworząc spory – zarodniki workowe (askospory) oraz zarodniki podstawkowe (basidiospory). Dochodzi wówczas do połączenia dwóch komórek i tym samym dwóch jąder, w wyniku czego powstaje osiem askospor, z których każda zawiera podobną sekwencję DNA. Po osiągnięciu dojrzałości spory uwalniają się i kiełkują, tworząc nowe komórki rozmnażające się bezpłciowo przez pączkowanie.

## Warunki wzrostu drożdży

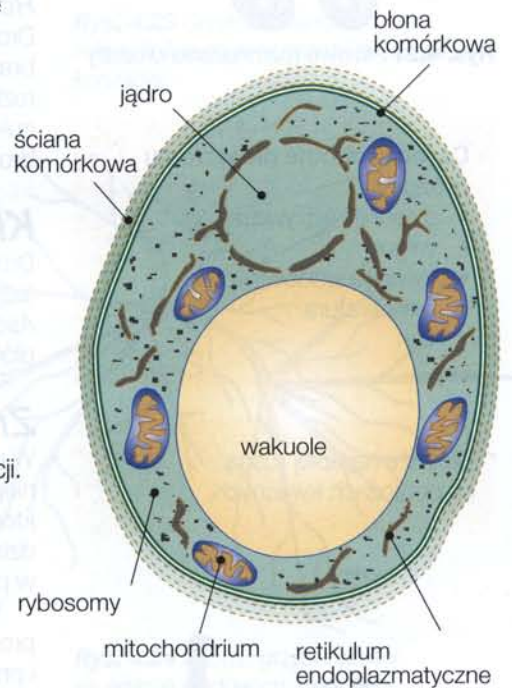
### Środowisko i składniki odżywcze

Drożdże mają takie same wymagania odżywcze jak inne organizmy żywe. Zazwyczaj rosną w miejscach, w których obecne są owoce, kwiaty oraz kora drzew. Niektóre gatunki mogą powodować choroby zwierząt i ludzi. Drożdże przyczyniają się do pogorszenia jakości soków owocowych. Drożdże, podobnie jak bakterie, mają układ enzymów wewnątrz i zewnątrzkomórkowych zdolnych do rozszczepiania wielkomolekularnych

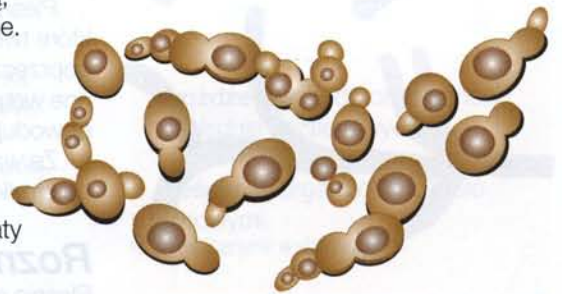
### Grzyby dzielą się na:

- drożdże
- pleśnie

Drożdże mogą być przyczyną wad sera i masła.



Rys. 4.19 Budowa komórki drożdży



Rys. 4.20 Pączkujące komórki drożdży

# Zbiorniki



Rys. 6.9.1

Rys. 6.9.2

Rys. 6.9.3

Rys. 6.9.4

Rys. 6.9.5

Rys. 6.9.6

Rys. 6.9.7

Rys. 6.9.8

Rys. 6.9.9

Rys. 6.9.10

Rys. 6.9.11

Rys. 6.9.12

Rys. 6.9.13

Rys. 6.9.14

Rys. 6.9.15

Rys. 6.9.16

Rys. 6.9.17

Rys. 6.9.18

Rys. 6.9.19

Rys. 6.9.20

Rys. 6.9.21

Rys. 6.9.22

Rys. 6.9.23

Rys. 6.9.24

W zakładzie mleczarskim zbiorniki stosuje się do różnych celów. Pojemność największych tankosilosów w dziale odbioru mleka sięga 150000 litrów, a najmniejsze zbiorniki mieszczą około 100 litrów cieczy. Stosownie do zadań, jakie spełniają w zakładzie, wyróżnia się dwie główne kategorie:

- zbiorniki magazynowe,
- zbiorniki procesowe.

## Zbiorniki magazynowe



Rys. 6.9.1 Tankosilosy zainstalowane na zewnątrz budynku z włazami umieszczonymi we wnękach ścian zadaszonego pomieszczenia

## Tankosilosy

Tankosilosy do odbioru mleka należą do kategorii zbiorników magazynowych i zostały omówione w rozdziale 5 pt. *Odbiór mleka*. Mają różną wielkość – od 25000 do około 150000 litrów pojemności, a ich powierzchnie mające kontakt z produktem są wykonane ze stali nierdzewnej. Zbiorniki takie często umieszcza się na zewnątrz budynków, aby obniżyć koszty budowy i są wówczas izolowane. Mają podwójny płaszcz i co najmniej 70 mm izolacji z wełny mineralnej pomiędzy ściankami. Zewnętrzny płaszcz może być wykonany ze stali nierdzewnej, ale ze względów ekonomicznych przeważnie wykonuje się go ze stali miękkiej, pokrytej farbą antykorozyjną.

Aby umożliwić całkowite opróżnienie zbiornika, jego dno ma około 6% pochylenia w kierunku odpływu. W niektórych krajach takie rozwiązanie jest wymogiem regulowanym przez przepisy.

Tankosilosy są wyposażone w różne typy mieszadeł oraz oprzyrządowanie do monitorowania i kontroli.



Rys. 6.9.2 Wnęka operacyjna tankosilosu z włazem i silnikiem napędu mieszadła śmigłowego

# Ostateczne usuwanie serwatki i zasady obchodzenia się z gęstwą serową

## Zasady odprowadzania serwatki

Kiedy tylko osiągnie się żądaną, zaakceptowaną przez serowara, kwasowość i zwężłość ziarna, trzeba z niego usunąć większość pozostałej serwatki.

Uprzednio odczerpana serwatka może być wykorzystana do napełniania wanny lub kolumny wstępnego prasowania. W przypadku stosowania urządzenia do odprowadzania serwatki o działaniu ciągłym serwatkę można wykorzystać do ustalenia właściwej proporcji pomiędzy nią a ilością ziarna.

Serwatka, obecna w gęstwie serowej, występuje w trzech formach:

- serwatka wolna – w przestrzeniach międzyziarnowych,
- serwatka znajdująca w strukturze ziaren,
- serwatka związana z białkiem.

Wolną serwatkę łatwo jest odprowadzić poprzez prasowanie ziarna.

Serwatka zamknięta wewnątrz ziaren jest trudniejsza do odprowadzenia.

Można ją usunąć, powodując wzrost kwasowości oraz przez prasowanie, serwatka ta wówczas uwalnia się i zachowuje jak serwatka wolna.

Serwatki związanej z białkiem nie daje się usunąć w normalnym procesie wyrobu sera.

Proces usuwania serwatki powinien przebiegać łagodnie bez wywierania nadmiernego nacisku na ziarno. Podczas usuwania serwatki pod wpływem ciśnienia statycznego w kolumnie lub w wannie wstępnego prasowania ziarna ulegają deformacji i częściowo się ze sobą zlepiają.

W zależności od sposobu traktowania ziaren po oddzieleniu serwatki uzyskuje się cztery różne typy sera.

- Jeżeli gęstwą serową nalewa się do form serowarskich i następnie poddaje prasowaniu, otrzymuje się otwartą, ziarnistą teksturę, np.: ser tyłzycy.
- Uformowanie ziarn w jednolitą warstwę podczas ukwaszania prowadzi do otrzymania sera o zamkniętej teksturze (tj. typu cheddar, mozzarella).
- Jeżeli ziarna są przemywane wodą i schładzane, a następnie mieszane ze śmietaną lub dressingiem, otrzyma się ser typu cottage cheese.
- Jeżeli gęstwa znajduje się pod lustrem serwatki podczas kombinowanej operacji drenowania serwatki i wstępnego prasowania, powstaje ser o okrągłych oczkach, typu ementaler lub gouda.

Podczas produkcji, przed każdym następnym etapem procesu technologicznego, należy kontrolować parametry, które mają istotne znaczenie dla jakości sera, czyli:

- zawartość wody,
- temperatura,
- zawartość tłuszczu,
- kwasowość,
- wielkość ziaren i rozkład ich wielkości,
- zwartość skrzepu i podatność na odkształcenie.

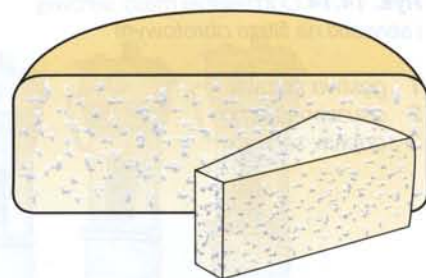
## Ser o teksturze ziarnistej

Otrzymań w kotle gęstwą serową pompuje się przez nieruchome sito bądź przez filtr wibracyjny lub obrotowy (rys.14.14). W rezultacie oddziela się ziarno od serwatki i kieruje bezpośrednio do wanny lub kolumny wstępnego prasowania. Ser powstający w wyniku takiego postępowania posiada teksturę o nieregularnych oczkach, zwaną także teksturą ziarnistą (rys.14.11).

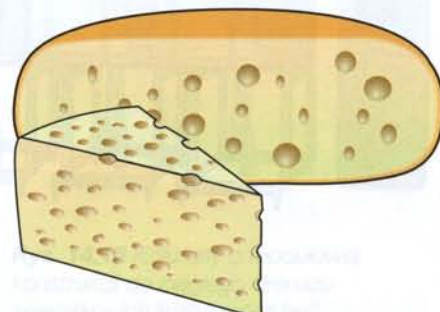
Ziarna nie skleją się całkowicie ze sobą, ponieważ przed prasowaniem ziarna kontaktują się z powietrzem i wewnątrz sera znajduje się duża liczba drobnych szczelin. Powstający i uwalniający się podczas dojrzewania ditlenek węgla wypełnia szczeliny i stopniowo je powiększa.

## Ser o regularnych okrągłych oczkach

Ser o okrągłych oczkach (rys.14.12) produkuje się z udziałem bakterii wytwarzających gaz (*Sc. cremoris/lactis*, *L. cremoris* and *Sc. diacetylactis*).



Rys. 14.11 Ser o teksturze ziarnistej



Rys. 14.12 Ser o okrągłych oczkach

# Indeks

## Rozdział 1

### Pozyskiwanie mleka 1

Mleko krowie	2
Sekrecja mleka	3
Okres laktacji	4
Dojenie krów	4
Dój ręczny	4
Dój mechaniczny	5
Automatyczny system dojenja	6
Chłodzenie mleka	7
Mycie i dezynfekcja	8
Schładzanie mleka w gospodarstwie	9
Urządzenia do schładzania mleka w gospodarstwie	9
Częstotliwość dostaw do zakładu mleczarskiego	9
Mleko bawole	10
Wydajność mleczna i okres laktacji	10
Sekrecja mleka	11
Niektóre właściwości mleka bawolego	11
Dojnie bawolic	11
Dój ręczny	11
Dój mechaniczny	11
Mleko owcze	11
Wydajność i okres laktacji	12
Wielkość stada	12
Sekrecja mleka	12
Tłuszcz mlekowy	12
Białko	12
Niektóre właściwości mleka owczego	12
Dojenie owiec	12
Dój ręczny	13
Dój mechaniczny	13
Mleko kozie	14
Wydajność mleczna kóz i okres laktacji	14
Sekrecja mleka	14
Dojenie kóz	15
Dój ręczny	15
Dój mechaniczny, schładzanie i przechowywanie mleka	15

## Rozdział 2

### Chemia mleka 17

Podstawowe pojęcia chemiczne	18
Atomy	18
Jony	18
Cząsteczki	18
Podstawowe fizykochemiczne cechy mleka krowiego	19
Definicje	19
Kwasowość roztworów	20
pH	20
Zobojętnianie	20
Dyfuzja	20
Osmoza	21
Odwrócona osmoza	21
Dializa	21

Skład mleka krowiego	22
Tłuszcz mlekowy	22
Chemiczna struktura tłuszczu mlekowego	22
Temperatura topnienia tłuszczu mlekowego	23
Liczba jodowa	23
Współczynnik refrakcji	24
Jądrowy rezonans magnetyczny (ang. NMR – Nuclear Magnetic Resonance)	24
Krystalizacja tłuszczu	24
Białka mleka	25
Aminokwasy	25
Stan elektryczny białek mleka	26
Klasyfikacja białek mleka	26
Kazeina	27
Micele kazeinowe	28
Wytrącanie kazeiny	29
Koagulacja kwasowa	29
Koagulacja enzymatyczna	30
Białka serwatkowe	31
$\alpha$ -laktoalbumina	31
$\beta$ -laktoglobulina	31
Immunoglobuliny i pozostałe białka serwatkowe	31
Białka otoczek kuleczek tłuszczowych	32
Denaturacja białek	32
Mleko jako roztwór buforowy	32
Enzymy w mleku	33
Peroksydaza	33
Katalaza	33
Fosfataza	33
Lipaza	34
Laktoza	34
Witaminy w mleku	35
Związki mineralne i sole w mleku	35
Inne składniki mleka	36
Zmiany w mleku i jego składnikach	36
Zmiany zachodzące podczas przechowywania	36
Utlenianie tłuszczu	36
Utlenianie białek	37
Lipoliza	37
Skutki obróbki termicznej mleka	37
Tłuszcz	37
Białko	38
Enzymy	38
Laktoza	39
Witaminy	39
Związki mineralne	39
Fizyczne właściwości mleka	40
Wygląd	40
Gęstość mleka	40
Ciśnienie osmotyczne	41
Punkt zamarzania mleka	41
Kwasowość miareczkowa	42
Siara (colostrum)	42

## Rozdział 3

### Reologia 43

Definicja	44
Charakterystyka materiałów	44
Ścinanie	45
Płyny newtonowskie	45



Płyny nienewtonowskie	46
Rozrzedzanie płynów ścinaniem	46
Zagęszczanie płynów ścinaniem	46
Płynięcie plastyczne	46
Płyny o właściwościach reologicznych zależnych od czasu ścinania	47
Płyny tiksotropowe	47
Zjawisko reomalaksji	47
Płyny antytiksotropowe (reopektyczne)	47
Modele krzywych płynięcia	47
Charakterystyczne dane	48
Urządzenia pomiarowe	48
Techniki pomiarowe	50
Spadek ciśnienia w przewodach	51
Spadek ciśnienia w elementach armatury	52

## Rozdział 4

### Mikrobiologia

Z historii mikrobiologii	53
Mikroorganizmy w przyrodzie	54
Pierwotniaki	54
Glony	54
Drożdże	55
Pleśnie	55
Bakterie	55
Wirusy	55
Biotechnologia	55
Bakterie	55
Morfologia bakterii	56
Kształt bakterii	56
Budowa komórki i funkcje bakterii	56
Ruchliwość bakterii	57
Tworzenie przetrwalników	57
Tworzenie otoczek	57
Czynniki wzrostu bakterii	57
Składniki odżywcze	57
Aktywność wody	57
Definicja aktywności wody	58
Wpływ aktywności wody na wzrost drobnoustrojów	58
Temperatura	59
Temperatura jako kryterium klasyfikacji bakterii	59
Tlen	59
Wpływ światła	60
pH – wpływ kwasowości na wzrost drobnoustrojów	60
Rozmnażanie bakterii	61
Szybkość wzrostu bakterii	61
Krzywa wzrostu bakterii	61
Aktywność biochemiczna	61
Degradacja węglowodanów	62
Degradacja białek	62
Degradacja tłuszczu	63
Degradacja lecytyny	63
Powstawanie pigmentów i barwy	63
Wytwarzanie śluzu	64
Wytwarzanie związków zapachowych	64
Patogeny w surowym mleku	64
Wiedza o bakteriach	64
Identyfikacja i klasyfikacja bakterii	65
Bakterie w mleku	65

53

Bakterie pochodzące od krowy	65
Zakażenie mleka w gospodarstwie	66
Bakterie w surowym mleku	66
Bakterie w mleku pasteryzowanym	66
Grzyby	67
Drożdże	67
Rozmnażanie drożdży	67
Warunki wzrostu drożdży	67
Środowisko i składniki odżywcze	67
Rola wody	68
Kwasowość	68
Temperatura	68
Rola tlenu	68
Klasyfikacja drożdży	68
Znaczenie drożdży	68
Pleśnie	68
Rozmnażanie pleśni	68
Metabolizm pleśni	69
Wilgotność	69
Aktywność wody ( $a_w$ )	69
Tlen	69
Temperatura	69
Kwasowość	69
Znaczenie pleśni w zakładzie mleczarskim	69
Penicillium	69
Pleśń mleczna	70
Bakteriofagi	70
Struktura bakteriofagów	70
Rozmnażanie bakteriofagów	70
Podsumowanie	70

## Rozdział 5

### Odbiór mleka

Przechowywanie mleka w niskiej temperaturze	74
Projektowanie obór mlecznych w gospodarstwach	74
Dostawa do zakładu mleczarskiego	74
Odbiór mleka dostarczanego w konwiach	75
Odbiór mleka z gospodarstw	75
Badanie jakości mleka	76
Smak i zapach mleka	76
Kontrola czystości	76
Kontrola czystości mleka	76
Stan higieniczny mleka, czyli próba z resazuryną	76
Liczba komórek somatycznych w mleku	76
Ogólna liczba bakterii	76
Zawartość białka	77
Zawartość tłuszczu	77
Punkt zamrażania	77
Odbiór mleka w zakładzie	77
Odbiór mleka dostarczanego w konwiach	77
Odbiór mleka z cystern	78
Objętościowy pomiar ilości mleka	78
Pomiar wagowy ilości mleka	79
Mycie cysterny	79
Chłodzenie mleka w zakładzie	79
Przechowywanie surowego mleka	79
Mieszanie w tankosilosach	79
Wskazania temperatury w zbiorniku	80
Wskazania poziomu mleka	80
Zabezpieczenie przed zbyt niskim poziomem	

mleka w zbiorniku	80
Zabezpieczenie przed przepelnieniem zbiornika	80
Wskaźnik opróżnienia zbiornika	80

## Rozdział 6

### Podstawowe urządzenia

#### w przetwórstwie mleczarskim 81

### Rozdział 6.1

#### Wymienniki ciepła 83

Cele obróbki cieplnej	83
Znaczenie czasu i temperatury pasteryzacji	84
Czynniki ograniczające obróbkę cieplną	84
Termizacja	84
Pasteryzacja niska (LTLT)	85
Pasteryzacja wysoka/krótkotrwała (HTST)	85
Mleko	85
Śmietana i produkty ukwaszane	85
Ultrapasteryzacja	86
Proces UHT	86
Sterylizacja	86
Podgrzewanie wstępne	86
Procesy wymiany ciepła w zakładzie mleczarskim	87
Podgrzewanie	87
Ochładzanie	87
Regeneracyjne podgrzewanie i ochładzanie	87
Teoria wymiany ciepła	87
Zasady wymiany ciepła	88
Podgrzewanie bezprzeponowe	88
Podgrzewanie przeponowe	88
Wymiennik ciepła	88
Dane niezbędne do określenia wielkości wymiennika ciepła	89
Wydajność przepływu produktu	89
Fizyczne właściwości cieczy	89
Zakres zmian temperatury	89
Zmiana temperatury czynnika	89
Średnia logarytmiczna różnica temperatur ( $\Delta t_m$ )	90
Przepływ przeciwpłdowy	90
Przepływ współpłdowy	90
Współczynnik przenikania ciepła	91
Dopuszczalne spadki ciśnienia	91
Lepkość	91
Kształt i grubość przepony	91
Materiał przepony	92
Powstawanie osadów na powierzchniach grzejnych	92
Problemy mycia wymienników ciepła	93
Czas pracy urządzenia	93
Regeneracja ciepła	94
Przetrzyrywacz	94
Obliczanie czasu przetrzymania mleka	94
Rozwiązania konstrukcyjne wymienników ciepła	95
Płytowe wymienniki ciepła	95
Przepływ cieczy przez aparat	96
Rurowe wymienniki ciepła	96
Wymienniki wielo- i jednorurowe	97
Wymienniki koncentryczne	97
Skrobakowy wymiennik ciepła	98

## Rozdział 6.2

### Wirówki i normalizacja mleka 99

Wirówki do mleka	99
Trochę historii	99
Opadanie grawitacyjne	100
Warunki sedymentacji	100
Na czym polega sedymentacja?	100
Gęstość substancji	100
Prędkość opadania i unoszenia się ku powierzchni	101
Prędkość unoszenia się kuleczki tłuszczowej w mleku	101
Opadanie grawitacyjne – proces okresowy	102
Opadanie grawitacyjne – proces ciągły	102
Przegrody zwiększają wydajność	102
Ciągły rozdział układu fazy stałej i dwóch faz płynnych	103
Rozdział pod działaniem siły odśrodkowej	103
Prędkość osadzania	103
Prędkość ruchu kuleczki tłuszczowej	104
Klaryfikacja – oddzielanie cząstek ciał stałych w procesie ciągłym	104
Kanały międzytalerzowe	104
Cząstka o wielkości granicznej	105
Wirowanie mleka	105
Klaryfikacja	105
Odtuszczanie mleka	105
Skuteczność odtuszczania mleka	106
Zawartość tłuszczu w śmietanie	106
Usuwanie z bębna stałych cząstek zanieczyszczeń	107
Budowa wirówek	107
Konstrukcja zamknięta	107
Dysk tłoczny	107
Konstrukcja hermetyczna	108
Regulacja zawartości tłuszczu w śmietanie	109
Wirówka zamknięta	109
Przepływomierz do śmietany	109
Wirówki hermetyczne	109
Różnice między wirówką zamkniętą i hermetyczną	110
System usuwania osadu z bębna	110
Produkcja i mycie CIP	110
Usuwanie osadu	111
Zespoły napędowe	111
Normalizacja zawartości tłuszczu i białka w mleku	112
Zasady obliczania składu mieszanin produktów	112
Zasada normalizacji zawartości tłuszczu	112
Bezpośrednia normalizacja w przepływie	113
Regulacja zawartości tłuszczu w śmietanie	114
Regulacja kaskadowa	114
Regulacja zawartości tłuszczu na podstawie pomiaru gęstości	115
Przepływomierz	116
Zawory regulujące przepływ śmietany i mleka odtuszczonego	116
Układ sterujący mieszaniami śmietany z mlekiem odtuszczonym	116
Kompletna linia do normalizacji mleka w przepływie	117
Szczególne przypadki normalizacji zawartości tłuszczu w mleku	117
Normalizacja zawartości białka	118

Układ chłodzenia mleka w pasteryzatorze	205
Pompa wspomagająca zapobiegająca reinfekcji mleka	206
Kompletna linia pasteryzacji mleka	206
Zbiornik wyrównawczy	206
Pompa zasilająca	207
Regulator przepływu	207
Regeneracyjne podgrzewanie mleka	207
Pasteryzacja	207
Zawracanie mleka niedogrzanego	207
Ochładzanie	208
Wirówka samooczyszczająca	208
Projektowanie rurociągów	208
Przepływ uwarstwiony i burzliwy	208
Opory przepływu	209
Spadek ciśnienia	209
Urządzenia do sterowania procesem	210
Przetworniki	211
Regulatory	211
Urządzenie wykonawcze	212
Automatyczna regulacja temperatury	212

## Rozdział 8

### **Pasteryzowane produkty mleczne 213**

Produkcja pasteryzowanego mleka spożywczego	214
Normalizacja	216
Pasteryzacja	216
Homogenizacja	216
Określenie skuteczności homogenizacji	217
Zachowanie jakości mleka pasteryzowanego	217
Przydatność mleka pasteryzowanego do spożycia	218
Mleko o przedłużonej trwałości (ESL)	219
Produkcja śmietany	219
Śmietana do ubijania	219
Proces ubijania śmietany	220
Linia produkcji śmietany do ubijania	221
Metoda Scania	221
Śmietana półtłusta lub do zabelowania kawy	223
Pakowanie	225

## Rozdział 9

### **Mleko o wydłużonym okresie trwałości 227**

Jakość surowca	228
Skuteczność sterylizacji	228
Efektywność sterylizacji	229
Współczynnik temperaturowy $Q_{10}$	230
Wartość $F_0$	230
Wartości $B^*$ i $C^*$	230
„Najszybsza struga”	231
Sterylność handlowa	231
Inne przepisy dotyczące mleka UHT	232
Zmiany chemiczne i bakteriologiczne w mleku wskutek wysokotermicznej obróbki cieplnej	232
Trwałość	233
Aspekty żywieniowe	233
Produkcja mleka o długim okresie trwałości	234
Sterylizacja w opakowaniach	234
Proces okresowy	234
Proces ciągły	235
Hydrostatyczny sterylizator pionowy	235

Sterylizator poziomy	236
Obróbka UHT	236
Procesy UHT	237
Rozwój technologii UHT	237
Urządzenia UHT	237
Systemy UHT	238
Podstawowe tryby pracy instalacji UHT	238
Sterylizacja wstępna	238
Produkcja	238
Aseptyczne mycie międzyoperacyjne (AIC)	238
Mycie w obiegu zamkniętym (CIP)	238
Bezprzeponowe urządzenia UHT	239
Bezprzeponowa instalacja UHT z wtryskiem pary i płytowym wymiennikiem ciepła	239
Bezprzeponowa instalacja UHT z wtryskiem pary i rurowym wymiennikiem ciepła	240
Bezprzeponowa instalacja UHT z podgrzewaniem mleka w komorze infuzyjnej	241
Przeponowe urządzenia UHT	241
Przeponowe urządzenia UHT z płytowym wielosekcyjnym wymiennikiem ciepła	241
Podgrzewanie częściowe	242
Przeponowe urządzenia UHT z rurowymi wymiennikami ciepła	242
Przeponowe urządzenie UHT ze skrobakowymi wymiennikami ciepła	244
Zbiornik aseptyczny	244
Pakowanie aseptyczne	245
Pilotowe urządzenia UHT	245

## Rozdział 10

### **Przygotowanie szczepionek i zakwasów 247**

Prowadzenie zakwasów	249
Proces technologiczny	249
Etapy procesu	250
Obróbka cieplna pożywki	251
Schładzanie do temperatury zaszczepiania	251
Zaszczepianie kulturami bakteryjnymi	251
Inkubacja	251
Ochładzanie zakwasu	252
Utrwalanie szczepionek	252
Wprowadzanie szczepionek silnie skoncentrowanych	253
Dozowanie szczepionki w przepływie	253
Wprowadzanie szczepionki do zbiornika fermentacyjnego	254
System automatycznego zaszczepiania mleka w zbiornikach (AISY)	254

## Rozdział 11

### **Fermentowane produkty mleczne 255**

Legenda	256
Ogólne zasady produkcji mleka fermentowanego	256
Jogurt	257
Jogurty smakowe	257
Czynniki wpływające na jakość jogurtu	258
Selekcja mleka	258
Normalizacja mleka	258
Tłuszcz	258
Zawartość suchej masy	259

Dodatki do mleka	259
Cukier lub substancje słodzące	259
Stabilizatory	259
Odpowietrzanie	260
Homogenizacja	260
Obróbka cieplna	260
Wybór kultury bakteryjnej	261
Przygotowanie kultury bakteryjnej	261
Konfiguracja linii produkcyjnej	261
Linie produkcyjne	261
Odparowywanie	262
Homogenizacja	262
Pasteryzacja	262
Chłodzenie mleka	263
Instalacja do produkcji jogurtu	263
Jogurt mieszany	264
Schładzanie skrzepu	264
Dodatek substancji smakowo-zapachowych	264
Pakowanie	265
Dobór urządzeń w linii produkcyjnej	265
Jogurt koagulowany w pojemnikach	265
Dodatek substancji	
smakowo-zapachowych i pakowanie	266
Alternatywny sposób produkcji	266
Dodatek substancji smakowo-zapachowych	
i pakowanie	266
Inkubacja i chłodzenie	266
Inkubacja	267
Chłodzenie	267
Jogurt pitny	268
Jogurt o wydłużonym okresie trwałości	268
Produkcja w warunkach aseptycznych	268
Warunki produkcji zgodnie z koncepcją	
„sterylnej przestrzeni”	269
Obróbka cieplna jogurtu	269
Jogurt mieszany o długim okresie trwałości	269
Jogurt o długim okresie trwałości,	
koagulowany w pojemnikach	270
Jogurt pitny o długim okresie trwałości	270
Jogurt mrożony	271
Jogurt koncentrowany	271
Kefir	271
Surowiec	272
Produkcja zakwasów kefirowych	272
Produkcja kefiru	273
Normalizacja zawartości tłuszczu	273
Homogenizacja	273
Obróbka cieplna	273
Dodatek zakwasu	273
Inkubacja	273
Ukwaszanie	273
Etap dojrzewania	273
Chłodzenie	273
Alternatywna metoda produkcji kefiru	273
Ukwaszona śmietana	274
Produkcja	274
Homogenizacja	274
Obróbka cieplna	274
Zaszczepianie i pakowanie	275
Ukwaszona śmietana o długim okresie trwałości	275
Maślanka	275
Maślanka fermentowana	275
Znaczenie fermentowanych przetworów mlecznych	275

## Rozdział 12

<b>Masło i tłuszcze do smarowania</b>	<b>277</b>
Definicje	278
Masło	279
Masło ze śmietany słodkiej i ukwaszonej	280
Wyrób masła	280
Surowiec	282
Pasteryzacja	283
Odgazowywanie w warunkach próżniowych	283
Biologiczne dojrzewanie śmietany	283
Przygotowanie zakwasu	283
Ukwaszanie śmietany	284
Dojrzewanie fizyczne	284
Krystalizacja tłuszczu mlekowego	285
Postępowanie z twardym tłuszczem mlekowym	285
Postępowanie z tłuszczem średnio twardym	286
Postępowanie z tłuszczem bardzo miękkim	286
Zmaślanie	287
Wyrób masła metodą okresową	287
Powstawanie masła	287
Wydajność zmaślania	287
Wygniatanie masła	287
Próżniowe wygniatanie masła	288
Wyrób masła metodą ciągłą	288
Proces produkcji masła	288
Nowe trendy i perspektywy produkcji wyrobów	
tłuszczowych	289
Bregott	289
Lätt & Lagom	289
Linia produkcji miksów do smarowania	290
Linia produkcyjna	291
Pakowanie	291
Przechowywanie w warunkach chłodniczych	292
Alternatywne metody produkcji masła	292

## Rozdział 13

<b>Bezwodny tłuszcz mleczny (AMF)</b>	
<b>i olej maślany</b>	<b>293</b>
Charakterystyka bezwodnego tłuszczu mlecznego	294
Produkcja bezwodnego tłuszczu mlecznego	295
Zasady produkcji	295
Produkcja bezwodnego tłuszczu mlecznego	
ze śmietany	295
Produkcja bezwodnego tłuszczu mlecznego	
z masła	296
Rafinacja bezwodnego tłuszczu mlecznego	297
Klarowanie	297
Neutralizacja	298
Fracjonowanie	298
Usuwanie cholesterolu	299
Pakowanie	299

## Rozdział 14

<b>Sery</b>	<b>301</b>
Tradycja i podstawowe informacje	301
Terminologia i klasyfikacja serów	302
Definicje	302
Klasyfikacja serów	302

Produkcja serów – ogólne zasady produkcji serów twardych i półtwardych	303	Prasa tunelowa	325
Przygotowanie mleka serowarskiego	304	Prasa z przenośnikiem taśmowym	325
Odbiór mleka	305	Kolumna do formowania bloków sera	325
Obróbka cieplna i mechaniczna redukcja liczby bakterii	305	Parzenie i teksturyzacja serów typu Pasta Filata	326
Termizacja	305	Formowanie	326
Pasteryzacja	306	Solenie	326
Mechaniczne usuwanie bakterii z mleka	307	Metody solenia	327
Baktofugacja	307	Solenie na sucho	327
Procesy alternatywne	307	Solenie w solance	327
Dwufazowa baktofuga z ciągłym usuwaniem baktofugatu	307	Solenie płytkie lub powierzchniowe	327
Jednofazowa baktofuga z cyklicznym usuwaniem baktofugatu	308	Solenie głębokie	327
Dwukrotna baktofugacja z dwiema baktofugami jednofazowymi ustawionymi szeregowo	308	Solenie na regałach	328
Mikrofiltracja	309	Sporządzanie solanki	328
Normalizacja	310	Przenikanie soli do sera	329
Normalizacja zawartości tłuszczu	310	Użytkowanie solanki	330
Normalizacja zawartości białka	310	Dojrzewanie i przechowywanie serów	330
Dodatki do mleka serowarskiego	310	Dojrzewanie	330
Zakwas	310	Rozkład laktozy	331
Zakłócenia w działaniu starterowych kultur bakteryjnych	311	Dekompozycja białek	331
Chlorek wapnia ( $\text{CaCl}_2$ )	311	Przechowywanie w dojrzewalni	331
Ditlenek węgla ( $\text{CO}_2$ )	311	Warunki w dojrzewalni	331
Saletra ( $\text{NaNO}_3$ lub $\text{KNO}_3$ )	311	Metody kondycjonowania powietrza	333
Barwniki	312	Projektowanie pomieszczeń dojrzewalni i wymagania dotyczące przestrzeni	333
Podpuszczka	312	Linie produkcyjne serów twardych i półtwardych	334
Substytuty podpuszczki pochodzenia zwierzęcego	313	Wyrób serów twardych	334
Inne układy enzymatyczne	313	Linia produkcyjna sera Emmenthal (ementaler)	334
Metody wyrobu sera	313	Linia produkcyjna sera Cheddar	335
Powstawanie skrzepu mleka	313	Wyrób serów półtwardych	335
Przygotowanie mleka	313	Linia produkcyjna sera Gouda	335
Napełnianie wanny lub kotła serowarskiego	313	Linia produkcyjna sera Tilsiter (tylżyckiego)	336
Dodawanie kultur bakteryjnych	314	Linia produkcyjna sera Pasta Filata	337
Stosowanie dodatków i zaprawianie podpuszczką	314	Sery półtwarde, półmiękkie i miękkie	338
Krojenie skrzepu	314	Sery półtwarde i półmiękkie	338
Mieszanie wstępne	314	Sery z przerostem niebieskiej pleśni	338
Pierwsze odczerpywanie serwatki	315	Sery półmiękkie i miękkie	339
Podgrzewanie/dogrzewanie/wysokie dogrzewanie	316	Camembert	339
Mieszanie końcowe	316	Sery miękkie	339
Powtórne odczerpywanie serwatki	316	Cottage cheese	339
Ostateczne usuwanie serwatki i zasady obchodzenia się z gęstwą serową	317	Quarg	341
Zasady odprowadzania serwatki	317	Sery topione	342
Ser o teksturze ziarnistej	317	Produkcja sera topionego	342
Ser o regularnych okrągłych oczkach	317		
Urządzenia do oddzielenia serwatki od ziarna	318		
Filtry do oddzielania serwatki	318		
Wanny wstępnego prasowania	318		
Ciągły drenaż serwatki	319		
Zbiorniki buforowe	320		
System jednokolumnowy	320		
System wielokolumnowy	321		
Formy do sera	322		
Sery o teksturze zamkniętej	322		
Zmechanizowana maszyna do czedaryzacji	323		
Końcowa obróbka masy serowej	324		
Prasowanie	324		
Mobilna prasa stołowa	324		
		<b>Rozdział 15</b>	
		<b>Przetwórstwo serwatki</b>	<b>345</b>
		Procesy przetwarzania serwatki	347
		Odzysk pyłu kazeinowego i separacja tłuszczu	347
		Schładzanie i pasteryzacja	348
		Zwiększanie zawartości suchej masy	348
		Zagęszczanie	348
		Suszenie	348
		Fracjonowanie składników suchej masy	349
		Odzysk białka	349
		Odzysk białka metodą ultrafiltracji (UF)	349
		Odtłuszczenie koncentratu białek serwatkowych	351
		Odzysk denaturowanych białek serwatkowych	352
		Izolowanie laktoperoksydazy i laktoferyny metodą chromatograficzną	353
		Odzysk laktozy	353
		Krystalizacja	354
		Oddzielanie laktozy	354
		Suszenie	354

ISBN 978-83-935809-0-3



 **Tetra Pak**<sup>®</sup>